

## Pemodelan Kedalaman Air Tanah pada Zona Sulit Air Bersih Desa Sijantang Kota Sawahlunto Menggunakan Formulasi *Water Seismic Index*

Ikhwan Safrima\*, Dwi Pujiastuti, Ahmad Fauzi Pohan

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

### Info Artikel

#### **Histori Artikel:**

Diajukan: 04 Februari 2021

Direvisi: 10 Februari 2021

Diterima: 11 Februari 2021

#### **Kata kunci:**

seismik refraksi

akuifer

*water seismic index*

desa Sijantang

#### **Keywords:**

refractive seismic

aquifer

*water seismic index*

Sijantang village

#### **Penulis Korespondensi:**

Ikhwan Safrima

Email: [ikhwansafrima2798@gmail.com](mailto:ikhwansafrima2798@gmail.com)

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk pemodelan kedalaman air tanah di Desa Sijantang Sawahlunto dengan menggunakan metode seismik refraksi. Data diambil dari 3 lintasan di daerah yang memiliki struktur geologi endapan aluvial. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan formulasi *Water Seismic Index* (WSI), yang merupakan metoda pemanfaatan dari perlambatan gelombang geser sebagai ciri-ciri adanya air di lapisan bawah permukaan tanah. Nilai WSI 0,8 – 2,0 merupakan nilai yang menunjukkan keberadaan air tanah. Dari interpretasi pengolahan data diperoleh bahwa lapisan tanah di daerah penelitian tersusun dari lapisan atas yang berupa kerikil di dekat permukaan dan lapisan berikutnya merupakan lapisan tanah pasir kering, pasir basah, lempung dan lempung lanau. Lapisan akuifer berada pada kedalaman 6,5 – 16 m dan dikategorikan sebagai akuifer dangkal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daerah bekas tambang batubara Desa Sijantang, Sawahlunto masih memiliki ketersediaan air tanah yang dapat digunakan.

Research has been carried out to modeling the depth of groundwater in the village of Sijantang, Sawahlunto by using the seismic refraction method. The data were taken from 3 trajectories in areas that have a geological structure of alluvial deposits. Data processing was carried out using the *Water Seismic Index* (WSI) formulation, which is a method of exploiting shear wave retarding as a characteristic of water in the subsurface layers of the soil. WSI value from 0.8 to 2.0 are values that indicate the presence of ground water. From interpretation of data processing obtained that the soil layer in the study area is composed and the top layer in the form of gravel near the surface and the next layer is a layer of dry sand, wet sand, loam and silt loam. The aquifer layer is at a depth of 6.5 - 16 m and is categorized as shallow aquifer. The result showed that the former coal mining area of Sijantang village, Sawahlunto still has groundwater that can be used.

## I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kekayaan alam yang sangat dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup. Keberadaan air juga menjadi faktor penting dalam siklus keberlangsungan ekosistem di bumi. Oleh sebab itu, air beserta sumbernya harus dijaga kelestariannya, agar pemanfaatannya dapat diambil untuk kesejahteraan rakyat (Kodoatie dan Sarief, 2012). Air tanah merupakan air yang terdapat dalam lapisan atau batuan di bawah permukaan tanah. Keberadaan air tanah sangat bergantung pada kondisi lapisan geologi di bawah permukaan tanah. Bagus (2016) mengatakan air tanah biasa ditemukan pada lapisan bawah permukaan tanah dangkal hingga sangat dalam. Oleh sebab itu dibutuhkan metoda yang tepat untuk menemukan keberadaan air tanah (Syofyan, 2017).

Grelle dan Guadagno (2009) berpendapat bahwa metoda geofisika sangat tepat untuk menentukan litologi batuan, seperti metoda geolistrik, magnetik dan seismik. Pulungan dan Zulfahilmi, (2016) mengatakan bahwa metoda seismik sangat tepat untuk mendeteksi litologi batuan dan fluida. Metoda seismik refraksi adalah metoda geofisika yang dapat mendeteksi variasi lateral dan kedalaman dalam parameter fisis yang relevan menggunakan kecepatan gelombang seismik. Metoda seismik refraksi sangat diunggulkan karena dapat memberikan informasi struktur bawah permukaan. Metoda seismik refraksi didukung dengan berbagai macam formula, seperti formulasi *delay time*, *ground reciprocal methode* dan *water seismic index*. Formulasi WSI (*Water Seismic Index*) merupakan formula seismik refraksi yang digunakan untuk membedakan perambatan gelombang kompresi dan geser pada media fisik. Grelle dan Guadagno (2009) berpendapat, formulasi WSI efektif digunakan karena memberikan informasi langsung, baik tentang keberadaan maupun level muka air tanah. Zakaria dkk. (2009) telah melakukan pemodelan bawah permukaan menggunakan metoda seismik refraksi untuk mengidentifikasi kebocoran air pada lintasan terowongan di area kampus Universitas Tandulako menggunakan formulasi WSI. Mereka mendapatkan bahwa formulasi WSI menunjukkan hubungan antara kecepatan gelombang badan dan litologi permukaan dalam kondisi kering dan jenuh, mereka membuktikan bahwa formulasi WSI sangat peka terhadap lapisan tanah liat basah.

Grelle dkk. (2013) telah melakukan penelitian menggunakan formulasi WSI pada daerah Campania, Itali. Mereka mendapatkan hasil bahwa model spasial WSI dapat disesuaikan dengan modalitas sirkulasi air tanah pada tiga bagian modalitas. Pertama, perbedaan kedalaman yang dihasilkan dari model muka air WSI terkait dengan penurunan muka air tanah yang tidak seragam akibat kemarau. Kedua, model WSI menunjukkan distribusi muka air tanah yang seragam dan *horizontal*. Ketiga, distribusi spasial WSI sesuai dengan sirkulasi air tanah. Dari tiga modalitas tersebut mereka mendapatkan nilai positif minimal dari WSI yang berkorelasi dengan permukaan air tanah.

Desa Sijantang, kota Sawahlunto adalah daerah yang menyisakan bekas tambang batubara yang cukup luas. Bagus (2016) menjelaskan bahwa bekas tambang batubara memberikan dampak negatif terhadap sirkulasi hidrologi yang besar. Banyaknya aktifitas galian tambang menyebabkan vegetasi sangat sulit untuk bertahan. Vegetasi yang berkurang memberi dampak buruk pada lapisan akuifer yang berada di bawah permukaan tanah, akibatnya air tanah menjadi sangat sulit untuk ditemukan. Maka dibutuhkan metoda yang tepat untuk mengidentifikasi keberadaan lapisan akuifer di daerah tersebut.

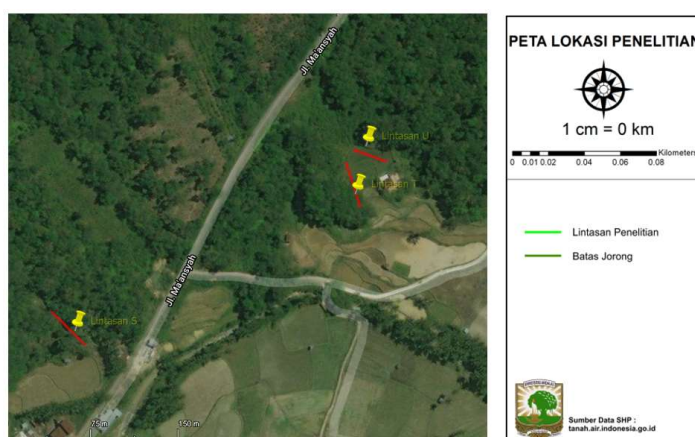
Berdasarkan kemungkinan telah rusaknya lapisan akuifer di Kota Sawahlunto yang diakibatkan oleh aktifitas galian tambang Batubara, perlu dilakukan pemodelan akuifer tanah untuk mendapatkan profil kedalaman air tanah di desa Sijantang, Kota Sawahlunto menggunakan formulasi WSI. Pemodelan dilakukan agar dapat memberikan informasi mengenai gambaran ketersediaan air tanah yang dapat digunakan di daerah bekas tambang Batubara di Kota Sawahlunto.

## II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Oktober 2020 sampai dengan Januari 2021. Akuisisi data dilakukan di daerah Sijantang, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, berjarak  $\pm 92$  km arah Timur laut Kota Padang. Secara geografis terletak antara  $100^{\circ}45'30.11'' - 100^{\circ}45'29.79''$  BT dan  $0^{\circ}36'26.39'' - 0^{\circ}36'25.86''$  LS seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1** Peta Lokasi Penelitian



**Gambar 2** Lintasan Seismik Refraksi

Akuisisi data dilakukan pada tiga lintasan yang akuifernya dianggap bagus dari geologi maupun keberadaan sumur di Desa Sijantang. Penelitian dilakukan dengan panjang masing-masing lintasan sejauh 40, 40 dan 30 m seperti pada Gambar 2. Proses pengolahan data dilakukan di Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika Universitas Andalas menggunakan program Matlab R2016a. Kemudian dilakukan pemodelan menggunakan Surfer 16 untuk mengetahui bentuk lapisan bawah permukaan tanah dan sebaran nilai WSI pada ketiga lintasan.

### III. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1 Kecepatan Rambat Gelombang Seismik Refraksi

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai kecepatan rata-rata rambat gelombang kompresi seismik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, dimana pada tabel diketahui bahwa nilai  $v_1$  mewakili lapisan pertama dan  $v_2$  mewakili lapisan kedua. Nilai kecepatan rambat gelombang yang mengalami perubahan menunjukkan adanya perbedaan litologi bawah permukaan. Dengan demikian dapat diindikasikan adanya bidang batas antara kedua lapisan pada ketiga lintasan tersebut.

**Tabel 1** Tabel kecepatan rata-rata gelombang kompresi seismik refraksi

Lintasan	$v_1$ (m/s)	$v_2$ (m/s)
S	405,50	659,80
T	313,89	550,70
U	350,19	564,80

Untuk mengetahui sebaran dari akuifer didapatkan data kecepatan rata-rata gelombang geser (*shear*) untuk ketiga lintasan seperti pada Tabel 2. Pada tabel diketahui nilai kecepatan rambat

gelombang geser pada ketiga lintasan lebih kecil dari nilai kecepatan gelombang kompresi. Selisih nilai digunakan untuk menentukan sebaran dari nilai WSI yang menunjukkan keberadaan dari muka air tanah. Selisih kecepatan gelombang kompresi dan gelombang geser yang besar dapat membuktikan bahwa gelombang telah menempuh suatu cairan yang berada di bawah lapisan permukaan tanah karena ketidakmampuan gelombang geser melewati suatu fluida (Syafitri, 2019).

**Tabel 2** Tabel kecepatan rata-rata gelombang geser seismik refraksi

Lintasan	$v_1$ (m/s)	$v_2$ (m/s)
S	330,80	490,65
T	279,76	527,70
U	325,15	524,50

### 3.2 Kecepatan Gelombang Seismik Pada Material

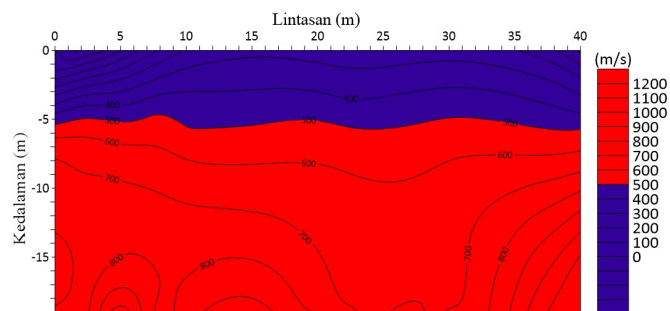
Berdasarkan data kecepatan gelombang material Telford dkk. (1976), maka didapatkan jenis lapisan untuk setiap lintasan. Lapisan pertama memiliki kedalaman kurang dari 6 m dan kecepatan rata-rata rambat gelombang seismik 405,50 m/s, lapisan ini merupakan lapisan tanah teratas (*top soil*) atau zona pelapukan. Lapisan kedua dengan kedalaman 13,2 m memiliki kecepatan rata-rata rambat 659,80 m/s yang merupakan lapisan pasir basah (*wet*). Pada Lintasan T, lapisan pertama dengan kedalaman kurang dari 7,7 m memiliki kecepatan rata-rata rambat gelombang seismik 313,89 m/s merupakan lapisan tanah teratas. Pada lapisan kedua dengan kedalaman 16 m dengan kecepatan rata-rata rambat 550,70 m/s merupakan lapisan pasir kering (*dry*) dan pasir basah. Pada lintasan U, lapisan pertama dengan kedalaman kurang dari 5,3 m memiliki kecepatan rata-rata rambat gelombang seismik 350,19 m/s merupakan lapisan tanah teratas atau zona pelapukan. Pada lapisan kedua dengan kedalaman 11,5 m memiliki kecepatan 564,80 m/s merupakan lapisan pasir basah.

### 3.3 Pemodelan Tomografi 2D Kecepatan Gelombang Geser

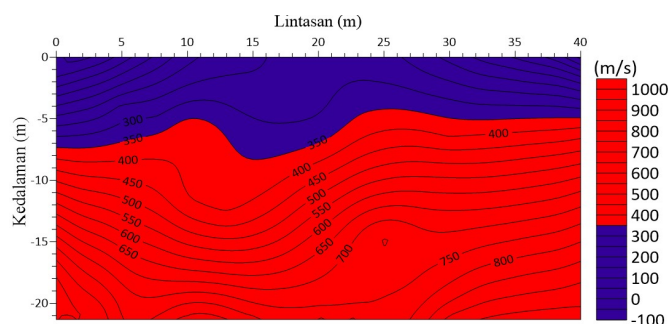
Dengan menggunakan metoda *gridding minimum curvature*, data kecepatan gelombang geser diubah menjadi model lapisan bawah permukaan seperti pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa Lintasan S memiliki 1 buah refraktor yang memiliki kontur lapisan permukaan sedikit bergelombang. Lapisan pertama memiliki nilai cepat rambat gelombang dari 0 hingga 500 m/s dan lapisan kedua memiliki cepat rambat gelombang dari 500 hingga 1200 m/s. Dari nilai kedalaman dan kecepatan perlapisan maka Lintasan S pada lapisan pertama merupakan lapisan tanah atas (*top soil*) atau zona pelapukan (*weathering zone*) dan lapisan tanah kerikil (*gravel*), lapisan kedua merupakan lapisan pasir basah (*wet*), tanah liat atau lempung (*clay*) dan lempung lanau (liat berpasir) (Telford dkk., 1976).

Gambar 4 menunjukkan bahwa Lintasan T memiliki 1 buah refraktor yang memiliki kontur lapisan permukaan bergelombang dan terdapat dua spot yang memiliki interval kecepatan yang besar. Lapisan pertama memiliki nilai cepat rambat gelombang dari 0 hingga 350 m/s dan lapisan kedua memiliki cepat rambat gelombang sekitar 350 hingga 1000 m/s. Dari nilai kedalaman dan kecepatan perlapisan maka lapisan pertama pada Lintasan T merupakan lapisan tanah atas, lapisan kedua merupakan lapisan pelindung (*rubble*), lapisan pasir basah, pasir kering, lempung lanau dan lempung (Telford dkk., 1976).

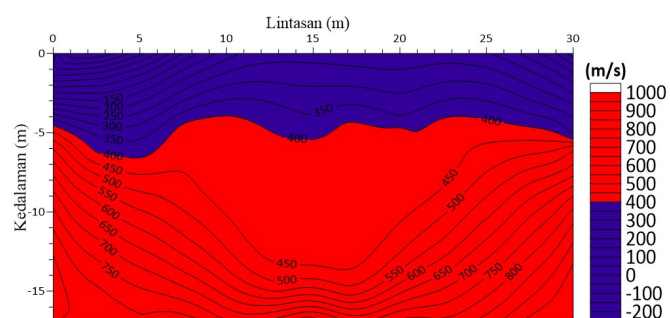
Gambar 5 menunjukkan dari Lintasan seismik sejauh 30 meter didapatkan 1 buah refraktor yang memiliki kontur lapisan permukaan bergelombang dan terdapat satu spot yang memiliki interval kecepatan yang sangat besar. Lapisan pertama memiliki nilai cepat rambat gelombang dari 0 hingga 400 m/s dan lapisan kedua memiliki cepat rambat gelombang sekitar 400 hingga 1000 m/s. Dari nilai kedalaman dan kecepatan maka lapisan pertama dapat dikatakan sebagai lapisan tanah atas, lapisan kedua dapat dikatakan sebagai lapisan pasir basah dan tanah lempung (Telford dkk., 1976). Pada ketiga lintasan seismik refraksi didapatkan bahwa setiap lintasan memiliki lapisan dengan interval ketebalan yang berbeda dengan kecepatan yang diskrit, perbedaan interval lapisan menunjukkan bahwa gelombang geser mengalami perlambatan akibat adanya lapisan permukaan tanah yang mengandung fluida.



**Gambar 3** Model tomografi 2D Lintasan S



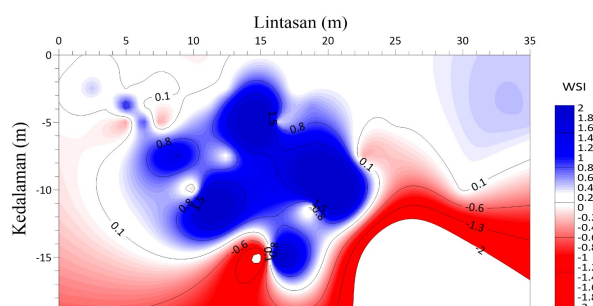
**Gambar 4** Model tomografi 2D Lintasan T



**Gambar 5** Model tomografi 2D Lintasan U

### 3.4 Interpretasi Terpadu Tomografi 2D *Water Seismic Index*

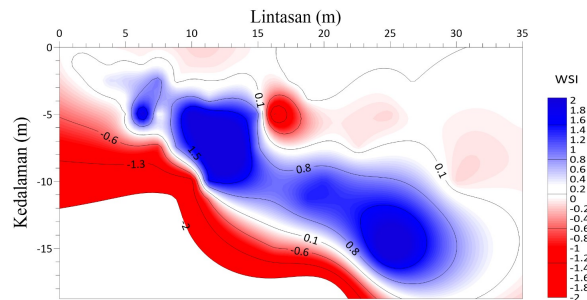
Interpretasi dilakukan berdasarkan keadaan topografi lintasan seismik refraksi, tomografi 2 dimensi kecepatan gelombang seismik refraksi serta parameter kriteria pemetaan dan potensi air tanah. Berdasarkan keadaan topografi, Lintasan S memiliki bentuk lahan seperti lembah dan dikategorikan sebagai zona tangkapan air yang baik. Dari Gambar 6 diketahui sebaran nilai indeks WSI menunjukkan bahwa kondisi lapisan tanah memiliki variasi jenis yang terdistribusi tidak merata pada setiap lapisan. Berdasarkan distribusi WSI nilai indeks yang lebih dari 0,8 (berwarna biru) menunjukkan bahwa terdapat 4 buah area yang merupakan lapisan akuifer (Grelle dan Guadagno, 2009). Empat area akuifer berada di lintasan 6 hingga 23 m pada kedalaman 4 hingga 16 m dari permukaan tanah (akuifer dangkal dan dalam), berdasarkan Gambar 3 maka akuifer dapat diinterpretasi berada pada lapisan pasir basah yang memiliki sifat akuifer sangat baik.



**Gambar 6** Model spasial tomografi WSI 2D Lintasan S

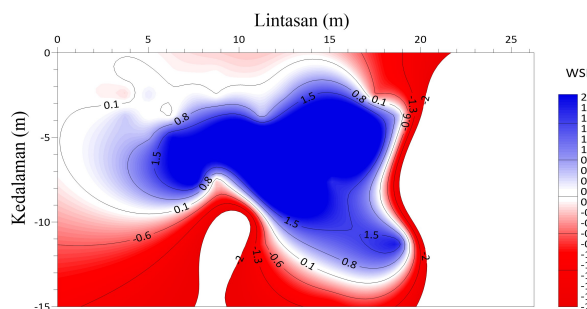


Berdasarkan keadaan topografi, lintasan T memiliki bentuk lahan perbukitan landai, maka dapat dikategorikan Lintasan T sebagai daerah dengan zona tangkapan air yang cukup. Dari Gambar 7 diketahui sebaran nilai WSI menunjukkan bahwa kondisi lapisan tanah memiliki variasi jenis yang terdistribusi cukup merata pada setiap lapisan. Berdasarkan distribusi WSI nilai indeks yang lebih dari 0,8 (berwarna biru) menunjukkan bahwa terdapat 2 buah area yang merupakan lapisan akuifer (Grelle dan Guadagno, 2009). Kedua akuifer berada di lintasan 8 hingga 29 m pada kedalaman 4 hingga 17 m dari permukaan tanah (akuifer dangkal dan dalam). Berdasarkan Gambar 4 maka akuifer dapat diinterpretasi berada pada lapisan pasir kering dan basah yang memiliki sifat akuifer sangat baik.



**Gambar 7** Model spasial tomografi WSI 2D lintasan T

Berdasarkan keadaan topografi, Lintasan U memiliki bentuk lahan bergelombang yang dikategorikan sebagai daerah dengan zona tangkapan air yang baik. Dari Gambar 8 diketahui sebaran nilai WSI menunjukkan bahwa kondisi lapisan tanah memiliki variasi jenis yang terdistribusi cukup merata pada setiap lapisan, berdasarkan distribusi WSI nilai indeks yang lebih dari 0,8 (berwarna biru) menunjukkan bahwa terdapat 1 buah area yang merupakan lapisan akuifer (Grelle dan Guadagno, 2009). Akuifer berada di lintasan 4 hingga 19 m pada kedalaman 4 hingga 12 m dari permukaan tanah (akuifer dangkal), berdasarkan Gambar 5 maka akuifer dapat diinterpretasi berada pada lapisan pasir kering dan basah yang memiliki sifat akuifer sangat baik. Pada Gambar 8 diperlihatkan bahwa adanya lapisan yang menahan sebaran air tanah dengan indeks WSI kurang dari 0,8 (putih dan merah) yang menunjukkan keberadaan tanah lempung lanau dan lempung yang memiliki sifat akuifer buruk dan sangat buruk, sehingga diperkirakan bahwa resapan air terhenti pada lapisan ini.



**Gambar 8** Model spasial tomografi WSI 2D Lintasan U

### 3.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan jenis batuan untuk ketiga lintasan sebagai berikut, lapisan pertama berupa lapisan tanah teratas (*top soil*) dan kerikil (*gravel*), lapisan kedua berupa lapisan pasir kering (*dry*), pasir basah (*wet*), lempung (*clay*) dan lempung lanau (*sand clay*). Berdasarkan jenis batuan yang didapatkan maka dapat diduga jenis material yang ada pada tiga lintasan merupakan material endapan alluvial. Hasil ini sesuai dengan peta geologi Desa Sijantang, bahwa Desa Sijantang berada di formasi Sangkarewang yang memiliki endapan batuan pasir. Keberadaan batuan lempung sesuai dengan hasil penelitian Finura dkk. (2018) bahwa formasi Sangkarewang memiliki endapan batupasir selang-seling dengan batulempung.

Berdasarkan bentuk lahan dan lapisan permukaan setiap lintasan memiliki keterdapatn air tanah dengan tingkat yang berbeda. Lintasan S dikategorikan pada tingkat sangat mudah air. Hal ini dibuktikan dengan pemodelan WSI pada Gambar 6 menunjukkan bahwa sebaran nilai WSI

menunjukkan keberadaan air pada area yang luas dan memiliki empat area akuifer berdekatan yang saling terhubung. Lintasan T dikategorikan pada tingkat sulit air. Hal ini dibuktikan dengan pemodelan WSI pada Gambar 7 nilai WSI menunjukkan keberadaan air yang cukup luas dan memiliki dua area akuifer yang terhubung namun memiliki jarak yang. Lintasan U dikategorikan pada tingkat mudah air. Hal ini terbukti bahwa dengan pemodelan WSI pada Gambar 8 nilai WSI menunjukkan keberadaan air yang luas dengan satu akuifer.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa ketiga lintasan seismik refraksi memiliki struktur batuan yang hampir sama. Ketiga lintasan seismik refraksi berpotensi memiliki air tanah. Hal ini dapat dibuktikan dengan sebaran nilai WSI pada ketiga lintasan. Air tanah pada Lintasan S terakumulasi dari jarak 6 m hingga 23 m pada kedalaman 4 m hingga 16 m dengan sifat akuifer dangkal dan dalam. Air tanah pada Lintasan T terakumulasi dari jarak 8 m hingga 29 m pada kedalaman 4 m hingga 17 m dengan sifat akuifer dangkal dan dalam. Air tanah pada Lintasan U terakumulasi dari jarak 4 m hingga 19 m pada kedalaman 4 m hingga 12 m dengan sifat akuifer dangkal. Sebaran dari nilai WSI menunjukkan bahwa ketiga lintasan seismik refraksi memiliki ketersediaan air tanah yang dapat digunakan dengan tingkat ketersediaan yang berbeda. Lintasan S dikategorikan sebagai zona sangat mudah air tanah, Lintasan T dikategorikan sebagai zona sulit air tanah dan Lintasan U dikategorikan sebagai zona mudah air tanah. Berdasarkan kategori tersebut membuktikan bahwa daerah bekas tambang batubara desa Sijantang, Sawahlunto masih memiliki ketersediaan air tanah yang dapat digunakan oleh masyarakat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bagus, D., 2016, '*Kompleks Struktur Geologi di Daerah Desa Kolok Mudik Kecamatan Barangin Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat Sebagai Potensi Geowisata*', Jurnal Teknik Geologi Universitas Padjadjaran, Vol. 2, No. 12, hal. 12-13.
- Finura, F. Luthfi, M. dan Syaiful, M., 2018, '*Geologi Daerah Sikalang dan Sekitarnya, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat*', Jurnal Teknik Geologi, Vol. 2, No. 11, hal. 19-23.
- Grelle, G. dan Guadagno, F. M., 2009, '*Seismic refraction methodology for groundwater level determination: "Water seismic index"*', Journal of Applied Geophysics, Vol. 3, No. 68, hal. 301-320.
- Grelle, G. Revellino, P. Guerriero, L. Soriano, M. Donnarumma, A. Guadagno, F. M., 2013, '*Water Table Detection With Water Seismic Index*', Jurnal Societa Geologica Italiana, Vol. 24, No. 3, hal. 172-174.
- Kodoatie, R. J. dan Sarief, R., 2012, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Andi, Yogyakarta.
- Pulungan, Z. dan Zulfahilmi., 2016, '*Prediksi Gerakan Tanah Menggunakan Seismik Refraksi dan Pemodelan Numerik dengan Metode Sirt dan Gauss-Seidel*', Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara', Vol. 12, No. 2, hal. 81-92.
- Syafitri, M. N., 2019, '*Pemodelan Kecepatan Gelombang Gese Sampai Kedalaman 30 Meter (Vs30) Menggunakan Metode Horizontal Vertical Time Frequency Analysis (HVTFA)*', Skripsi, Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya.
- Syofyan, F. A., 2017, '*Identifikasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger di Daerah Pandawa, Jorong Tarok, Kecamatan 2 x 11 Kayu Tanam*', Skripsi, Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Negeri Padang.
- Telford, M. W. Geldart, L.P. Sheriff, R.E. dan Keys, D.A., 1976, *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, New York.
- Zakaria, M. L. Warnana, D. D. Widodo, A. N. dan Nefrizal., 2018, '*Aplikasi Metoda Seismik Refraksi Untuk Lintasan Terowongan. Studi Kasus Wilayah "SMBR"*', Jurnal Geosaintek, Vol. 4, No. 2, hal. 29-34.